

Wetenswaardigheden energie en energiegebruik

Herman Damveld, 4 november 2024

Inleiding

Het is ons opgevallen dat bijna nooit aan de orde komt wat energie is, hoeveel energie Nederlanders gebruiken, wat de gevolgen daarvan zijn en het belang van opslag van energie. Daar willen we in dit hoofdstuk aandacht aan geven.

Inhoudsopgave

1. Wat is energie?

1.1 Energie is overal

1.2 De fietsende mens 20 keer energiezuiniger dan de automobilist

1.3 Energiebegrippen in het kort

2. Wat kunnen we met energie doen?

3. Waarvoor wordt energie gebruikt?

4. Zon als belangrijkste energiebron

4.1 Aardgas is gestolde zonne-energie

4.2 Het broeikaseffect

4.3 Zonne-energie genoeg

4.4 Opslag energie in de vorm van waterstof noodzakelijk

1. Wat is energie?¹

Eten en drinken leveren de energie die het lichaam nodig heeft om te kunnen functioneren. Zonder energie kan het lichaam niets. We lopen, denken, doen van alles, en zonder aanvoer van voedsel gaat dat niet. Als we niet genoeg eten, is er niet genoeg energie om door te gaan met bewegen, lopen en wat al niet. Ook als we slapen, is energie nodig om het hart te laten kloppen en de temperatuur van het lichaam op peil te houden.

Op veel producten in de winkel staat hoeveel energie erin zit: dan gaat het om calorieën, de energie die in voeding zit. Dat was vroeger de gebruikelijke eenheid voor energie. Eén calorie (afgekort cal) is de hoeveelheid energie die nodig is om één gram zuiver water (dat is één kubieke centimeter water) één graad Celsius te verwarmen.² Maar in 1978 werd een internationaal systeem van eenheden wettelijk ingevoerd en werd de calorie vervangen door de joule (spreek uit als zjoel; afgekort J). De calorie kunnen we uitdrukken in joule: 1 calorie is 4,1868 joule.³ Op die manier krijgen we verschillende eenheden voor energie. Het kan dan snel ingewikkeld worden met allerlei omrekeningsfactoren. Dat het ingewikkeld kan zijn, is een erfenis uit het verleden. We zullen hier ons best doen om het zo simpel mogelijk te houden.

Overigens, de calorie mag dan vervangen zijn door de joule, in de voeding wordt hij nog steeds gebruikt. Op de verpakking staat dan 'kcal' (dat is een kilocalorie, 1.000 calorieën) en 'kJ' (dat is 1.000 joule). Gezonde mannen hebben gemiddeld 2.500 kcal per dag nodig, vrouwen 2.000 kcal.⁴ Een mens heeft omgerekend in joule ongeveer 10.000 kJ per dag nodig.

1.1 Energie is overal

Energie is overal. Het is datgene wat alles warm houdt en doet bewegen. Voor het menselijk bestaan is energie onmisbaar. De mens is de enige levende soort op de wereldbol die een energiebron nodig heeft om eten klaar te maken en warm te blijven. Een belangrijke energiebron in Nederland is aardgas, terwijl ook een leven zonder elektriciteit bijna ondenkbaar is. De energierekening van Nederlandse huishoudens gaat over kubieke meter gas en kilowatturen elektriciteit. Kilowattuur korten we af als kWh.

Maar wat is nu precies energie? De definitie van energie is vrij eenvoudig: energie is de mogelijkheid om arbeid te leveren. Maar wat is dan arbeid? Arbeid is, eenvoudig gezegd, een verandering in de omgeving. Wanneer een bal stilligt, verricht hij in principe geen arbeid. De bal heeft dus geen energie. Wanneer we de bal aan het rollen brengen, geven we de bal energie mee in de vorm van beweging. Energie is een natuurkundige grootte om de geschiktheid aan te geven om arbeid te verrichten of warmte af te geven.

Bij energie is ook de term 'vermogen' belangrijk. Bij vermogen denkt men vaak aan iemand die veel geld of bezittingen heeft. Met dat vermogen kan die persoon van alles doen.

Vermogen staat voor iets wat mogelijk is. Zo is het ook met het begrip vermogen bij energie. Vermogen is een maat voor de hoeveelheid arbeid die per tijdseenheid kan worden geleverd. De eenheid van vermogen is de watt (afgekort W), de energie per tijdseenheid, bijvoorbeeld per uur. Die term komt ook voor in het gangbare begrip kilowattuur. Kilo betekent duizend, een kilogram is immers duizend gram. En zo is een kilowattuur ook duizend wattuur. Mega (M) staat voor 1 miljoen: 1 MWh is 1 miljoen wattuur en dus 1.000 kWh.

Een voorbeeld uit het wielrennen. Een topsprinter als Marcel Kittel levert in de eindsprint van een paar honderd meter zo'n 2.000 watt; een klimmer als Steven Kruijswijk trapt gedurende een lange periode 370 watt.⁵ Kruijswijk levert in 3 uur bergop duizend wattuur, 1 kWh.

1.2 De fietsende mens 20 keer energiezuiniger dan de automobilist

Een voorbeeld. Op de doos van een LED lamp staat 12 watt. Dat is het vermogen van de lamp, wat de lamp kan leveren als hij niet brandt of nog in de doos zit. Het vermogen laat zien wat er (maximaal) mogelijk is en is een eigenschap van de lamp. Energie staat zowel voor wat deze LED lamp in een bepaalde tijd levert als voor wat de LED lamp aan energie gebruikt.

Een voorbeeld. Een LED lamp met een vermogen van 12 watt gebruikt in 100 uur 12 watt maal 100 uur, dat is 1.200 wattuur elektrische energie ofwel 1,2 kilowattuur elektriciteit.

Deze energie wordt omgezet in 44% licht en 56% warmte. Bij een gloeilamp wordt slechts 5% van de energie omgezet in licht en 95% in warmte. Energie levert altijd iets op: elektriciteit, beweging, licht, warmte, geluid, radiogolven, een chemische reactie, etc.

In de winkel betaalt men voor het vermogen (bijvoorbeeld het vermogen van een stofzuiger). Thuis betaalt men voor de energie (de energie die door de stofzuiger wordt gebruikt).

Nog een voorbeeld. Een uur hard werken op de racefiets kost ca. 0,8 miljoen cal (3,3 miljoen joule) en brengt je 30 km verder. Een auto doet dat in 20 minuten, maar het kost 2 liter benzine of 72 miljoen joule. De fietsende mens is dus 20 keer energiezuiniger dan de auto.

1.3 Energiebegrippen in het kort

1 calorie (afgekort cal) is de hoeveelheid energie die nodig is om 1 gram water 1 graad Celsius te verwarmen.

1 kcal is 1.000 calorieën.

De meest gebruikte eenheid van energie is joule (afgekort J).

1 calorie is 4,1868 joule.

1 kJ is 1.000 joule.

Watt is een maat voor het vermogen, de energie per tijdseenheid, bijvoorbeeld per uur (afgekort W).

1.000 watt is 1 kilowatt en 1 miljoen watt is 1.000 kilowatt.

1 kilowatt gedurende 1 uur is 1 kilowattuur (afgekort kWh).

Mega (M) staat voor 1 miljoen: 1 MWh is 1 miljoen wattuur en dus 1.000 kWh.

Giga (G) staat voor 1 miljard; giga is 1.000 miljoen.

1 joule is 1 watt per 1 seconde.

1 kWh is 1.000 watt maal 3.600 is 3,6 miljoen Joule (een uur telt 3600 seconden).

1 kubieke meter aardgas uit Groningen heeft een energie-inhoud van 35,17 miljoen joule.

Nederland gebruikte in 2018 3.092 petajoule (PJ);⁶ 1 PJ is 1.000.000.000.000.000 joule, een 1 met 15 nullen.

Energie = Elektriciteit (ca. 20%) + warmte (gebouwen en industrie: ca. 40%) + transportbrandstof (ca. 40%).

2. Wat kunnen we met energie doen?⁷

Met 1 kilowattuur *elektriciteit* kunnen we veel dingen doen. Hier enkele voorbeelden die afzonderlijk 1 kWh vergen:

- 1.200 keer elektrisch scheren
- 100 broden snijden
- 15 keer haar föhnen
- 4 avonden tv kijken
- 1 avond tv kijken naar een tv met een plasmascherm
- 4 avonden licht van een gloeilamp van 60 watt
- 20 avonden licht van een spaarlamp van 11 watt
- 15 cd's luisteren
- 20 maaltijden opwarmen in de magnetron
- 250 gaatjes boren
- 10 uur internetten
- 367.000 kilo 1 meter opheffen
- 367 zakken van 50 kilo 20 meter optillen.

Met 1 kubieke meter *gas uit Groningen* kunnen we...

- 1 uur het huis verwarmen op een koude dag
- 50 keer handen wassen met warm water
- 6 keer afwassen
- 3 keer douchen
- 5 keer douchen met een spaardouche
- 1 keer in bad
- 6 maaltijden koken

3. Waarvoor wordt energie gebruikt?⁸

Een Nederlands huishouden verbruikt gemiddeld zo'n 1.500 m³ gas en 3.500 kWh elektriciteit per jaar.⁹ Gemiddeld gaat 80% van het gas naar verwarming en 20% naar warm water (vooral douchen en een beetje koken).¹⁰ Enkele voorbeelden.

Het elektriciteitsgebruik van apparaten loopt nogal uiteen en niet alle apparaten van dezelfde soort gebruiken evenveel stroom. Een elektrische boiler van 80-100 liter verbruikt de meeste stroom: gemiddeld 1.900 kWh per jaar. Een tropisch aquarium gebruikt op jaarbasis zo'n 1.400 kWh en een waterbed circa 780-1.600 kWh. Wasdrogers en vaatwassers zijn met elk ruim 200 kWh eveneens grote huishoudelijke stroomgebruikers. Een gemiddelde desktop computer met lcd-scherm verbruikt ongeveer 230 kWh per jaar. Een lcd-tv van 46 inch verbruikt ongeveer 240 kWh per jaar. De computer en de tv zijn daarmee de grootste verbruikers in de categorie audio- en videoapparatuur. Het gemiddelde stroomverbruik van grote huishoudelijke apparaten staat in tabel 1.

Ook is er het zogeheten sluipverlies. Dat is het elektriciteitsgebruik van apparaten die niet uitgezet kunnen worden, zoals de cv-ketel of de koelkast of omdat anders instellingen verdwijnen of klokken stilstaan. Dit kan 10% van het elektriciteitsgebruik uitmaken.

Tabel 1**Gemiddeld stroomverbruik van grote huishoudelijke apparaten**

Apparaat	kWh per jaar
Verlichting	390
TV (lcd, 46 inch)	238
Condens wasdroger	232
ICT	217
Koelkast	210
Vaatwasser	206
Wasmachine	170
CV-pomp	128

Bron: <https://www.hier.nu/themas/huishoudelijke-apparaten/deze-apparaten-veroorzaken-twee-derde-van-je-stroomrekening>.

4. Zon als belangrijkste energiebron

De zon is de belangrijkste bron van alle energie. De zon stuurt zijn stralen alle richtingen uit. Een heel klein beetje daarvan komt op de aarde terecht. Toch is dat kleine beetje heel belangrijk. De zon geeft warmte af. Als hij door de ramen schijnt, wordt het warmer in huis. Met zonnepanelen wordt de zonne-energie omgezet in elektriciteit. Door de zon wordt de lucht warmer. Verwarmde lucht komt in beweging en stijgt op. De lucht beweegt: door de zon waait de wind.

Zonne-energie maakt het leven op aarde mogelijk. Als een plant groeit, wordt er zonne-energie (licht) in opgenomen. De plant pakt een stukje van de zonnestraling en slaat dat op via allerlei ingewikkelde processen (fotosynthese). Mensen en dieren gebruiken planten als voedsel: door het voedsel in hun lichaam te verbranden kunnen ze leven en werken. Zonder zonlicht was er geen leven op aarde.

4.1 Aardgas is gestolde zonne-energie

Er zijn in de wereldgeschiedenis lange perioden geweest dat werelddelen overdekt waren met wouden. Later stierven de bossen af en werden ze bedekt door aardlagen. Na een bijna onmetelijk lange tijd werden de lagen afgestorven hout omgezet in steenkool. Op dezelfde manier ontstonden in de loop van miljoenen jaren aardolie en aardgas uit afgestorven, zogeheten fossiele resten van diertjes op de oceanbodem. Daarom worden kolen, olie en aardgas ook wel fossiele brandstoffen genoemd. Het Nederlandse aardgas is ongeveer honderd miljoen jaar geleden ontstaan.¹¹ Dit gas is eigenlijk in het verleden opgeslagen zonne-energie.

De fossiele brandstoffen waren heel lang geleden dus wouden en dieren die zonne-energie in zich opgeslagen hadden. Benzine wordt gemaakt uit olie. Een auto rijdt eigenlijk op miljoenen jaren oude zonne-energie.

De elektriciteit in Nederland komt voor ruim 90% uit aardgas- en kolencentrales. De elektriciteit die we in huis krijgen, is dus ook vooral afkomstig van opgeslagen zonne-energie. In de centrales worden aardgas en kolen verbrand. De warmte die hierbij vrijkomt, verhit water tot stoom. De stoom laat een rad draaien, de turbine, die weer een dynamo aandrijft: dat geeft elektriciteit (vergelijk het met de dynamo van een fiets, waarmee we fietslampjes laten branden).

In de loop van de geschiedenis werd steeds meer energie gebruikt en ook steeds andere vormen van energie. Heel vroeger gebruikten mensen alleen spierkracht als ergens kracht voor nodig was en stookte men hout om het warm te krijgen of om op te koken. De uitvinding van de stoommachine bracht een hele ommekeer. De mens kreeg daarmee de beschikking over een kracht die veel groter was dan zijn eigen spierkracht. En zo begon de industriële

revolutie. Eerst werden hout en turf gebruikt om de stoommachines te laten draaien, maar al gauw bleek er niet genoeg hout te zijn om aan de vraag van al die machines te voldoen. Andere energiebronnen werden gezocht: steenkool en aardolie in diepere lagen van de aarde werden aangeboord. Nog later kwamen er elektriciteitscentrales. Zo ging de samenleving steeds meer fossiele energie gebruiken.

4.2 Het broeikaseffect

Wereldwijd gebruiken we nu in één jaar de fossiele energie die zich in één miljoen jaar heeft gevormd.¹² In een rap tempo maken we de fossiele energie op. Er komt een einde aan het gebruik van fossiele energie, de in het verre verleden opgeslagen zonne-energie. Dan moeten we weer overgaan op het gebruik van de zonne-energie die elke dag op de aarde neerkomt. Kooldioxide (CO₂) komt vrij bij de verbranding van kolen, olie en aardgas. De afgelopen 20 jaar wordt steeds duidelijker voelbaar en zichtbaar dat het klimaat verandert. Dat komt door de toename van de uitstoot van broeikasgassen zoals CO₂. Dit zijn gassen die de straling van de zon en de aarde opnemen. Deze gassen vormen als het ware een deken om de aarde: ze zorgen voor warmte-isolatie, het broeikaseffect.^{13 14 15 16 17 18}

4.3 Zonne-energie genoeg

Gelukkig kan de zon genoeg energie leveren voor iedereen. We krijgen in Nederland van de zon gemiddeld per jaar 35 keer zoveel energie als we nodig hebben voor verwarming, industrie, auto's en de opwekking van elektriciteit.¹⁹ We hebben niet zozeer een energieprobleem als wel een energie-omzettingsprobleem en een ruimteprobleem voor de plaatsing van zonnepanelen en windmolens.

De Nederlandse Wind Energie Associatie (NWEA) heeft over dit onderwerp op 19 mei 2023 een artikel gepubliceerd. Volgens dit artikel komen situaties waarbij de zon niet schijnt en de wind niet waait (dit heet ook wel Dunkelflaute) erg weinig voor. Het idee dat er geen duurzame elektriciteit is als de zon niet schijnt en de wind niet waait, verdient nuance volgens Jan Vos, voorzitter NWEA. Ook medeauteur van de Adequacy Outlook Koen Gorrissen laat in Energeia weten dat deze situaties soms een heel jaar niet voorkomen en soms een paar keer per jaar. "Doorgerekend komen we op zes uur per jaar waarin elektriciteitstekorten optreden door dit verschijnsel," aldus Gorrissen.²⁰

4.4 Opslag energie in de vorm van waterstof noodzakelijk

Daarom is opslag van energie nodig. Een mogelijkheid is de opslag van waterstof en daarvoor komen zoutkoepels in aanmerking, zoals die bij Zuidwending. EnergyStock stelt hierover: "Het voordeel van het opslaan van energie in zoutcavernes is dat de capaciteit van deze cavernes relatief groot is, bijvoorbeeld ten opzichte van batterijen. Eén caveerne die gevuld is met waterstof, bevat evenveel energie als drie voetbalvelden met zonnepanelen in een jaar samen kunnen produceren."²¹

Voor de opslag van waterstof zijn volgens TNO minimaal 60 cavernes in zoutkoepels nodig tot het jaar 2050.²² Gasunie-dochter EnergyStock slaat in zes cavernes aardgas op in de zoutkoepel Zuidwending en wil door Nobian vier cavernes laten aanleggen voor de opslag van waterstof. Dat houdt tevens in dat waterstof ook in andere zoutkoepels opgeslagen zal moeten worden. De vraag is om hoeveel andere zoutkoepels het gaat. TNO heeft namelijk uitsluitend gekeken naar de ondergrondse mogelijkheden, terwijl het aantal cavernes per zoutkoepel sterk verschilt en ook afhangt van de bovengrondse situatie, of er bijvoorbeeld een stad pal boven de zoutkoepel ligt. Op grond van de theoretische mogelijkheden kunnen we uitrekenen dat voor 60 cavernes twee andere zoutkoepels nodig zijn. Bij 200 cavernes gaat het om nog eens twee zoutkoepels. Kortom, genoeg redenen om zoutkoepels te bestemmen voor opslag van waterstof en de opslag van kernafval in zoutkoepels te verbieden.

-
- ¹ <http://www.energiefeiten.nl/#Energie>, in dit deel een veel gebruikte bron.
- ² <https://www.lowtechmagazine.be/2019/03/verwarm-je-huis-met-windenergie-de-warmtemolen.html>, 3 maart 2019.
- ³ <https://nl.wikipedia.org/wiki/Calorie>; <https://nl.wikipedia.org/wiki/Joule>; <https://nl.wikipedia.org/wiki/Kilowattuur>.
- ⁴ <https://www.voedingscentrum.nl/nl/mijn-gewicht/overgewicht/spelregel-2-minder-eten-om-af-te-vallen.aspx>.
- ⁵ <https://www.ad.nl/wielrennen/een-kijkje-in-de-machiekamer-van-dumoulin-de-data-achter-de-podiumplaatsen~acf408ab/>, 22 september 2018.
- ⁶ <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/16/energieverbruik-gedaald-in-2018>, 17 april 2019.
- ⁷ Voor dit deel is gebruik gemaakt van verschillende bronnen waaronder <https://www.gaslicht.com/nieuws/wat-doet-u-met-een-kwh-stroom-en-een-m3-gas>; <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/grote-energieslurpers/> met ook andere pagina's van deze organisatie.
- ⁸ Voor dit deel is gebruik gemaakt van verschillende bronnen waaronder Milieu Centraal en http://www.otb.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/Onderzoeksinstituut_OTB/Onderzoek/Onderzoek_en_advies/Onderzoeksthema_s/Nederlands/Duurzame_woningkwaliteit/Duurzaam_en_gezond_wonen/De_onderzoeken_binnen_de_groep_Duurzaam_en_Gezond_wonen/Energie_en_comfort/doc/4_stap1_EH29mrt10.pdf; <https://www.hier.nu/themas/huishoudelijke-apparaten/wist-je-dat-deze-4-apparaten-zoveel-stroom-verbruiken>, 11 november 2017.
- <https://www.hier.nu/uploads/inline/Shift%20Innovatie%20-%20Analyse%20huishoudelijke%20apparaten%202018-11-16.pdf>.
- <https://www.hier.nu/themas/huishoudelijke-apparaten/deze-apparaten-veroorzaken-twee-derde-van-je-stroomrekening>, 21 oktober 2017.
- ⁹ <https://www.pricewise.nl/energieprijzen/#Energieprijzen>
- ¹⁰ <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/gemiddeld-energieverbruik/>; <https://www.gaslicht.com/energiebesparing/energieverbruik/>;
- ¹¹ Onzichtbaar goud; de betekenis van 50 jaar aardgas voor Nederland, Castel International Publishers, Groningen/Zwolle, 2009, pp 9-16.
- ¹² <https://www.duurzaammba.nl/2-circulaire-economie-ol/2-1-werk-met-duurzame-energie>.
- ¹³ <http://www.energiegids.nl/nieuws-details.tiles?doc=/content/energie/nieuws/2010/09/09/MI-CvL.xml>, 9 september 2010.
- ¹⁴ <http://www.ecn.nl/nl/nieuws/item/date/2010/07/01/emissies-van-broeikasgassen-methaan-en-lachgas-onderschat/>, 1 juli 2010.
- ¹⁵ <http://www.zdf.de/ZDFmediathek/kanaluebersicht/aktuellste/228#/beitrag/video/1109928/ZDF-heute-journal-vom-09-August-2010>.
- ¹⁶ <http://nos.nl/dossier/98683-klimaat-en-energie>, 9 augustus 2010.
- ¹⁷ “Nederland warmt op en zal in de toekomst vaker te maken krijgen met extreme weersomstandigheden. Meer droogte, hitte en wateroverlast zullen er onvermijdelijk toe leiden dat bepaalde populaties achteruit gaan of zelfs uit Nederland verdwijnen. Het veranderende klimaat is op termijn ongeschikt voor 15 procent van alle hier voorkomende dier- en plantensoorten.”, Planbureau voor de Leefomgeving, 20 augustus 2010.
- ¹⁸ http://www.changemagazine.nl/klimaatkennis/onderzoek/weerextremen_gevolg_van_klimaatverandering, 31 augustus 2010.
- ¹⁹ <http://www.technischweekblad.nl/rubrieken/energieserie/kunnen-we-overschakelen-op-duurzame-energie.130162.lynkx>, 24 mei 2011; http://www.knmi.nl/klimatologie/achtergrondinformatie/Zonnestraling_in_Nederland.pdf; <http://www.allesoverzonnepanelen.nl/voorwaarden/zonnestraling/>
- ²⁰ <https://www.nwea.nl/dunkelflaute-komt-maar-weinig-voor/>, 19 mei 2023.
- ²¹ https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-06/Voornemen-en-Voorstel-voor-Participatie-Energiebuffer-Zuidwending-Hystock_0.pdf, 10 juni 2022.
- ²² <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/energietransitie/roadmaps/systeemtransitie/een-betrouwbaar-betaalbaar-duurzaam-en-rechtvaardig-energiesysteem/energieopslag-en-energieconversie/>